

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Off nl gungsschrift**
①0 **DE 41 31 969 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
F 16 N 29/04
F 01 M 11/10
G 01 N 33/30
// B60Q 9/00

②1 Aktenzeichen: P 41 31 969.9
②2 Anmeldetag: 25. 9. 91
④3 Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 31 969 A 1

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

⑦4 Vertreter:
Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.;
Steinmann, O., Dr., Rechtsanwalt, 8000 München

⑦2 Erfinder:
Habegger, Karl, 8033 Planegg, DE; Buchner,
Reinhold, 8043 Unterföhring, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schmierölüberwachungseinrichtung

⑤7 Beschrieben wird ein Verfahren zur Ermittlung des Zeitpunktes für einen Wechsel von Schmierölen, insbesondere in Wärmekraftmaschinen.
Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Parameter Druck, Temperatur und Viskosität des Schmieröls in situ erfaßt werden, daß die Meßwerte einer Auswerteeinheit zugeführt werden, daß in der Auswerteeinheit mit den Meßwerten der Ist-Zustand des Schmieröls ermittelt wird, daß der Ist-Zustand mit einem vorgebbaren Soll-Zustand verglichen wird, und daß von einer Anzeigeeinrichtung die Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand angegeben wird, und/oder daß bei einer Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand von vorgegebenen Toleranzgrenzen ein Alarmsignal erzeugt wird.

DE 41 31 969 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Zeitpunktes für einen Wechsel von Schmierölen, insbesondere in Wärmekraftmaschinen, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Üblicherweise wird ein Wechsel von Schmierölen, insbesondere in Wärmekraftmaschinen, dann vorgenommen, wenn ein vom Hersteller der Wärmekraftmaschine oder des Schmieröls pauschal vorgegebener Zeitpunkt erreicht wird. Dieser Zeitpunkt kann zum einen durch eine bestimmte Betriebsdauer der Wärmekraftmaschine vorgegeben sein, oder, bei einem Kraftfahrzeugmotor, durch die zurückgelegte Fahrstrecke. Ein solch vorgegebener Zeitpunkt für einen Wechsel von Schmierölen berücksichtigt jedoch nicht die individuellen Betriebsbedingungen, denen das Schmieröl in den verschiedensten Wärmekraftmaschinen unterliegt. Dies kann zum einen dazu führen, daß unter extrem harten Betriebsbedingungen nicht frühzeitig genug das Schmieröl gewechselt wird, und somit die Lebensdauer der Wärmekraftmaschine herabgesetzt wird, und zum anderen, bei einer geringen Beanspruchung, der Schmierölwechsel unnötigerweise zu früh vorgenommen wird. Letzteres ist nicht nur unwirtschaftlich, sondern hat auch eine unnötige Umweltbelastung zur Folge bzw. das noch verwendungsfähige Schmieröl muß als Sondermüll speziell und aufwendig entsorgt werden.

In dem gattungsgemäßen Stand der Technik, der DE-OS 32 28 195 A1, ist bereits ein Verfahren zur Überwachung des Zeitpunktes des Schmierölwechsels für einen Kraftfahrzeugmotor offenbart, mit dem der richtige und optimale Zeitpunkt für einen Schmierölwechsel bestimmt werden soll, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Bei diesem Verfahren wird der Alterungszustand des Schmieröls aufgrund der Menge an Verunreinigungen im Schmieröl ermittelt, wobei als Verunreinigung mit dem Schmieröl vermischter oder in diesem suspendierter Ruß angegeben ist. Dabei wird die im Schmieröl während des Motorbetriebs suspendierte Rußmenge aus der mit einem ersten Fühler erfaßten Anzahl der Motorumdrehungen pro Zeiteinheit und der mit einem zweiten Fühler erfaßten Motorlast, in einer Recheneinrichtung ermittelt und in einer Speichereinrichtung aufaddiert, bis bei einem vorbestimmten Wert ein Alarmsignal zur Vornahme des Schmierölwechsels erzeugt wird. Ein solches Verfahren ist, wie in der DE-OS 32 28 195 A1 angegeben, insbesondere bei einem Dieselmotor von Vorteil.

Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß die im Schmieröl suspendierte Rußmenge nur rechnerisch unter Zuhilfenahme einer empirischen Gleichung ermittelt wird, und nicht die Eigenschaften des Schmieröls selbst mittels Sensoren in situ erfaßt werden. Ferner besteht die Vorrichtung aus dem gattungsgemäßen Stand der Technik aus mehreren getrennten Einzelteilen, wie z. B. Lastfühler, Motordrehzahlfühler, Zeitgeber und Schalter SW1 bis SW3, die einzeln an die Steuereinheit angeschlossen sind.

Demgegenüber liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung des Zeitpunktes für einen Wechsel von Schmierölen, insbesondere in Wärmekraftmaschinen, anzugeben, bei dem die Eigenschaften des Schmieröls in situ mittels Sensoren erfaßt und ausgewertet werden und aufgrund der Auswertergebnisse dem Betreiber der Wärmekraftmaschine der optimale Zeitpunkt für den Schmierölwechsel in Abhängigkeit von den individuellen Betriebsbedingungen und der

Art des verwendeten Schmieröls angezeigt wird. Dabei soll die Tatsache ausgenutzt werden, daß Schmieröle in der Regel aus langkettigen Kohlenwasserstoffen bestehen, die eine vergleichsweise geringe relative Dielektrizitätskonstante (≈ 3) aufweisen, und daß Ölalterung neben der Kettenverkürzung durch thermische Einflüsse und/oder Scherkräfte auch eine Oxidation des Öls, also den Einbau von O- bzw. OH-Gruppen in die Moleküle bedeutet, wodurch der polare Charakter des Moleküls und damit die Dielektrizitätskonstante Epsilon steigt.

Ferner hat die Erfindung zur Aufgabe, eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens anzugeben, die mit bekannten Verfahren aus der Silizium-Technologie und der IC-Fertigung in kostengünstiger Weise herstellbar ist und bei der die zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Sensoren, sowie die Elektronik zur Aufbereitung und Auswertung der Sensorsignale auf einem Chip integriert sind, so daß Verbindungskabel und damit verbundene Signalfälschungen praktisch vermieden werden. Dabei soll die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Temperaturbeständigkeit aufweisen, die im Bereich von ca. -30°C bis ca. $+200^{\circ}\text{C}$ liegt, wobei für die obere Temperatur eine Betriebsdauer von mindestens 10.000 Stunden erreicht werden soll.

Weiterhin soll die erfindungsgemäße Vorrichtung derart ausgestaltet sein, daß sie ohne bauliche Veränderungen an der Wärmekraftmaschine eingesetzt werden kann, z. B. bei einem Kraftfahrzeugmotor an die Stelle des dort verwendeten Öltemperaturfühlers oder Öldruckfühlers.

Die Lösung der ersten zuvor genannten Aufgabe erfolgt durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale. Besondere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 5 offenbart. Die Lösung der zweiten zuvor genannten Aufgabe erfolgt durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 6 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere hinsichtlich der weiteren Anforderungen an die Erfindung, sind in den Unteransprüchen 7 bis 15 angegeben.

Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren das Schmieröl selbst und dessen schmierungsrelevante Parameter kontinuierlich in situ überwacht und ausgewertet werden, so daß der momentane, tatsächliche Zustand des Schmieröls selbst ermittelt wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens hat gegenüber dem Stand der Technik den wesentlichen Vorteil, daß sie in kostengünstiger Weise mit bekannten Methoden aus der Silizium-Technologie und der IC-Fertigung in kleiner und kompakter Ausführung herstellbar ist und daß dabei die zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Sensoren sowie die Elektronik zur Aufbereitung und Auswertung der Sensorsignale in einem Chip integriert sind, wodurch unnötiger Verbindungskabelaufwand und dabei möglicherweise entstehende Signalverfälschungen vermieden werden.

Ein weiterer mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzielter Vorteil ist die Temperaturbeständigkeit des Chips für Betriebstemperaturen von ca. -30°C bis ca. $+200^{\circ}\text{C}$, wobei für die obere Temperatur eine Betriebsdauer von mindestens 10.000 Stunden erreicht werden kann.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der zuvor genannten Integration dahingehend, daß die Vorrichtung ohne besonderen Aufwand in ihren Außenabmessungen bau-

gleich mit bereits vorhandenen Komponenten wie Öldruckfühler ausgebildet werden kann, so daß für den Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung keine baulichen Veränderungen an der Wärmekraftmaschine notwendig sind.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 die erfindungsgemäße Vorrichtung in Aufsicht,

Fig. 2 die erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung, montiert auf einem mechanischen Träger einer bereits vorhandenen Komponente, wie z. B. Öldrucksensor.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden gleichzeitig die Parameter Druck, Temperatur und Viskosität sowie in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel auch der pH-Wert des Schmieröls in situ erfaßt. Die Sensorsignale werden sodann in an sich bekannter Weise aufbereitet und einer Auswerteeinheit zugeführt. In der Auswerteeinheit werden sodann der aus den Parametern des Schmieröls ermittelte Ist-Zustand mit dem in einer Speichereinheit gespeicherten vorgegebenen Soll-Zustand verglichen und die Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand über eine Anzeigeeinrichtung dargestellt. Vorteilhafterweise wird bei einer Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand von ebenfalls in der Speichereinheit abgespeicherten, vorgegebenen Toleranzgrenzen ein Alarmsignal erzeugt.

Die zur Durchführung dieses Verfahrens in den Fig. 1 und 2 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung besteht (siehe Fig. 2) aus einem Silizium-Chip 1, mit einer Kantenlänge von typischerweise 10 mm, der aus einer Silizium-Nutzschicht 15 von etwa 1 µm Schichtdicke, einer darunterliegenden Isolationsschicht 16 und einem Silizium-Trägerkörper 17 aufgebaut ist. Der Silizium-Trägerkörper 17 weist eine von hinten freigeätzte Ausnehmung 20 auf, in deren Bereich auch die Isolationsschicht 16 ganz oder lediglich teilweise weggeätzt ist. Dieser Bereich der Silizium-Nutzschicht 15 dient als Drucksensormembran 2, deren Durchbiegung mittels dieser Membran integrierter piezoresistiver Widerstände 3 detektiert wird.

In der in Fig. 1 dargestellten Aufsicht ist die Belegung der Nutzschicht 15 dargestellt. Über die elektrischen Anschlüsse 13 erfolgt die Zufuhr der Versorgungsspannung und die Entnahme des für die Anzeigeeinrichtung vorgesehenen Ausgangssignals. In der Mitte des Chips befindet sich die Drucksensormembran 2 mit den integrierten piezoresistiven Widerständen 3. Im oberen Bereich sind der aus einer pn-Diode und einer Platinwendel bestehende Temperatursensor 4 und der aus einem MOS-Transistor mit H⁺-sensitivem Gate bestehende pH-Sensor 5 angeordnet. Rechts daneben sind die zur Aufbereitung der von dem pH-Sensor 5 und vom Drucksensor 2, 3 erzeugten Signale erforderlichen Elemente 12, nämlich Verstärker und A/D-Wandler sowie Spannungsregelung angeordnet. Im linken Bereich des Chips befinden sich die zur Ermittlung der Viskosität erforderlichen Sensorstrukturen. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Bestimmung der Viskosität über die kapazitive Ermittlung der Dielektrizitätskonstanten des Schmieröls bei mindestens zwei erheblich voneinander abweichenden Frequenzen, vorzugsweise mit einer Frequenz im kHz- und einer im MHz-Bereich. Da die Dielektrizitätskonstante oder Polarisierbarkeit im wesentlichen als Funktion der Molekülgröße und inneren Viskosität von der Frequenz abhängt und "lange" Moleküle bei hohen Frequenzen der

Richtungsänderung des elektrischen Feldes langsamer folgen als kurze, kann somit eine Aussage über den Anteil schmierungsrelevanter langkettiger Moleküle im Verhältnis zu dem Anteil bereits "verbrauchter" Moleküle getroffen werden. Die hierfür benötigten Daten aus dem experimentellen Zusammenhang zwischen der Dielektrizitätskonstante und der technischen Schmierfähigkeit des Öls werden in der Speichereinheit 11 zur Verfügung gestellt. Zur kapazitiven Ermittlung der Dielektrizitätskonstante sind im linken Bereich des Chips Kapazitätstrukturen 6 und 7 nach Art einer Interdigitalstruktur ausgebildet, die über Ringoszillatoren 8 und 9 angesteuert werden.

In einer anderen Ausführungsform wird die Viskosität des Öls über die Dämpfung von Schallwellen gemessen. Dabei wird das Öl mit einem Piezokristall zu Schwingungen angeregt, die sich im Öl ausbreiten. Die Viskosität beeinflusst nun die Dämpfung der Schwingung und kann daher durch die Messung des Amplitudenverlaufs bestimmt werden. Hierzu wird auf einem Bereich des Chips bzw. der Nutzfläche 15 ein Piezoschwinger angeordnet, z. B. durch Aufspalten piezoeaktiver Substanzen wie ZnO. Im unteren Bereich des Chips ist die Auswerteeinheit 10 angeordnet, in der die Verarbeitung und Auswertung aller Sensorsignale erfolgt und der Ist-Zustand des Schmieröls ermittelt und mit dem in der Speichereinheit 11 vorgegebenen Soll-Zustand verglichen wird. Die Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand wird über eine hier nicht dargestellte Anzeigeeinrichtung dargestellt und gegebenenfalls wird ein Alarmsignal erzeugt, wenn die Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand eine vorgebbare Toleranzgrenze überschreitet.

Die Bereiche der Nutzfläche, die nicht in direktem Kontakt mit dem Schmieröl kommen dürfen, sind in an sich bekannter Weise mit einer hier nicht dargestellten Schutzschicht versehen.

Die Ausbildung der Vorrichtung in SOI-Technik ergibt eine Temperaturbeständigkeit der Vorrichtung für den Bereich von ca. -30° C bis zu +200° C.

Wie in Fig. 2 dargestellt, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung für den Einbau in eine Wärmekraftmaschine mittels einer Lötverbindung 18 auf einem mechanischen Träger 19 angebracht. Bei dem mechanischen Träger 19 handelt es sich z. B. um eine Schraube 19, an der bisher ein Öldrucksensor angebracht war. Daher kann die erfindungsgemäße Vorrichtung ohne Vornahme baulicher Veränderungen an der Wärmekraftmaschine verwendet werden.

Ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens kann die Anordnung der Sensorelemente, der zur Aufbereitung der von den Sensorelementen erzeugten Signale erforderlichen Elemente, der Auswerteeinheit sowie der Speichereinheit auch in anderer geeigneter Weise erfolgen.

Bezugszeichenliste

- 1 Si-Chips aus SOI-Material, Kantenlänge typisch 10 mm
- 2 Drucksensor-Membran
- 3 Implantiertes Gebiet zur piezoresistiven Druckmessung
- 4 Temperatursensor, bestehend aus p-n-Diode und Platinwendel
- 5 pH-Sensor, bestehend aus MOS-Transistor mit H⁺-sensitivem Gate
- 6, 7 Interdigitalstruktur als belegungsabhängige Ka-

pazität zur Erfassung der Dielektrizitätskonstante
 8, 9 Ringoszillatoren einschließlich der Frequenzkomparatoren zur Ansteuerung der Meßkapazitäten 6, 7
 10 Auswertelogik zum Erfassen und Verarbeiten des Sensorsignals und Beurteilung des Ölparameters
 11 ROM zur Abspeicherung aller benötigten Daten
 12 Verstärker und A/D-Wandler für pH-Sensor und Druckmembran, Spannungsregelung
 13 Kontaktflecken für Versorgungsspannung und Ausgangssignal
 15 Nutzsicht des SOI-Wafers, typisch 1 µm dick
 16 Isolationsschicht (SiO₂) des SOI-Chips
 17 Trägersilizium des SOI-Chips, mit dünngeätzter Membran
 18 Lötverbindung zum mechanischen Träger (Schraube)
 19 Schraube, kompatibel zur bisherigen Lösung (Öldrucksensor)
 20 freigeätzte Ausnehmung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Zeitpunktes für einen Wechsel von Schmierölen, insbesondere in Wärmekraftmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Parameter Druck, Temperatur und Viskosität des Schmieröls in situ erfaßt werden, daß die Meßwerte einer Auswerteeinheit zugeführt werden, daß in der Auswerteeinheit mit den Meßwerten der Ist-Zustand des Schmieröls ermittelt wird, daß der Ist-Zustand mit einem vorgebbaren Soll-Zustand verglichen wird, und daß von einer Anzeigeeinrichtung die Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand angegeben wird, und/oder daß bei einer Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand von vorgegebenen Toleranzgrenzen ein Alarmsignal erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Viskosität die Dielektrizitätskonstante des Schmieröls bei mindestens zwei erheblich voneinander abweichenden Frequenzen kapazitiv ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Viskosität über die Dämpfung von Schallwellen ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schallwellen mit einem Piezoschwinger erzeugt werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzlicher Parameter der pH-Wert des Schmieröls in situ erfaßt wird, beispielsweise über die Messung der Leitfähigkeit dem Schmieröls.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung und Auswertung der Parameter mit bekannten Methoden der Silizium-Technologie und der Mikromechanik auszubildende Sensorelemente (2 bis 7) sowie zur Aufbereitung der von den Sensorelementen erzeugten Signale erforderliche Elemente (8, 9, 12), beispielsweise Verstärker, zusammen mit der Auswerteeinheit (10) und einer Speichereinheit (11) auf einem Chip integriert sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente 2 bis 7, die Elemente zur Signalaufbereitung (8, 9, 12) und die Auswerteeinheit (10) sowie die Speichereinheit (11) auf

einem Silizium-Grundkörper (1) angeordnet sind und daß auf dem Silizium-Grundkörper (1) Einrichtungen zur thermischen Isolation, beispielsweise freigeätzte Bereiche oder wärmeisolierende Schichten, vorgesehen sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente 2 bis 7, die Elemente zur Signalaufbereitung (8, 9, 12), die Auswerteeinheit (10) und die Speichereinheit (11) auf einer extrem dünnen durch eine Isolationsschicht (16) vom eigentlichen Silizium-Chip (1) isolierten, Silizium-Nuttschicht (15) nach Art der SOI-Technik (Silicon on Insulator-Technik) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Druckmessung durch partielles Dünnätzen und/oder Freiätzen eines Bereichs des Chips eine Membran (2) ausgebildet wird und die Durchbiegung der Membran (2) mittels integrierter piezoresistiver Widerstände (3) gemessen wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Druckmessung bei der SOI-Technik durch partielles Freiätzen eines Bereichs der extrem dünnen Silizium-Nuttschicht (15) eine Membran (2) ausgebildet wird und die Durchbiegung der Membran (2) gemessen wird.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß für die zur Ermittlung der Viskosität zu messende Dielektrizitätskonstante auf dem Chip Kapazitätsstrukturen (6, 7) ausgebildet sind, beispielsweise als Interdigitalstruktur, daß die Kapazitätsstrukturen die Kapazität eines Schwingkreises oder Ringoszillators bilden und daß der Wert der Kapazität von der momentanen Zusammensetzung des Schmieröls bestimmt ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der Viskosität über die Dämpfung von Schallwellen der für die Erzeugung der Schallwellen vorgesehene Piezoschwinger durch Aufspalten piezoaktiver Substanzen, beispielsweise ZnO, auf einem Bereich des Chips ausgebildet wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Ermittlung des pH-Wertes zu messende Leitfähigkeit des Schmieröls durch Auswertung des Parallelwiderstandes einer in dem Chip integrierten, Vorzugsweise niederfrequent ausgebildeten, Interdigitalstruktur bestimmt wird.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des pH-Wertes ein in bekannter Weise als Platin- oder Palladium-Gate-MOS-Transistor ausgebildeter pH-Sensor (5) in den Chip integriert ist.

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Raumform der Vorrichtung in gleicher Weise wie vorhandene, in bekannter Weise ausgebildete Vorrichtungen zur Schmierölüberwachung, wie beispielsweise Ölthermometer oder Öldrucksensor, ausgebildet ist, und daß somit am Schmierölkreislauf keine konstruktive Veränderungen erforderlich sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

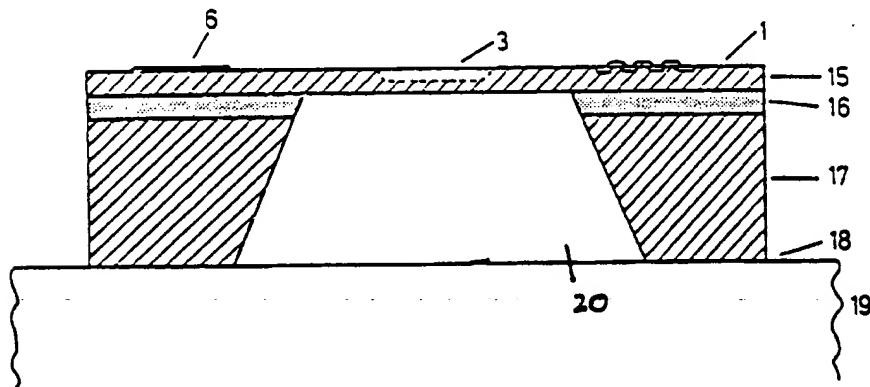
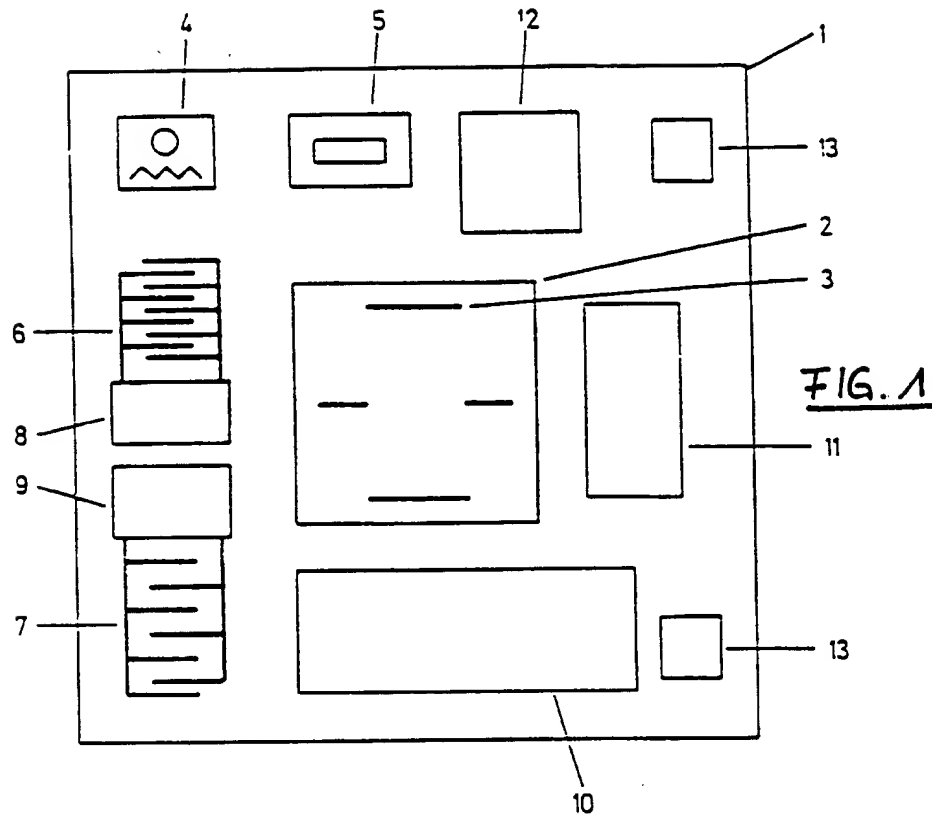


Fig. 2